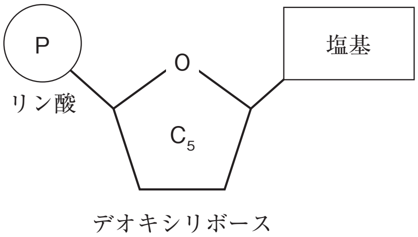
第4章　　遺伝子とその働き

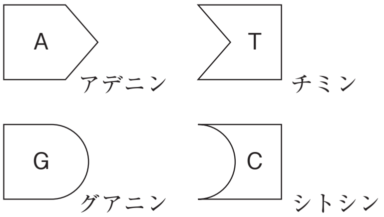
第19講　DNAの化学的組成，複製

■DNAの化学的組成

◆ヌクレオチド

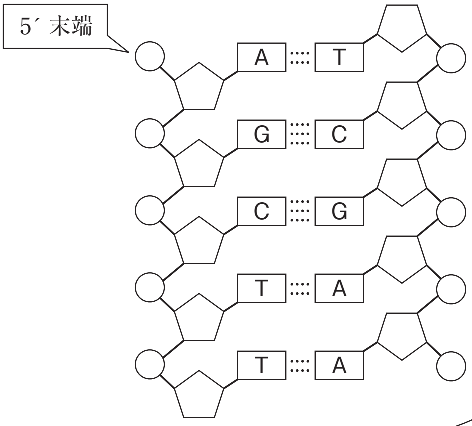


DNAを構成する塩基

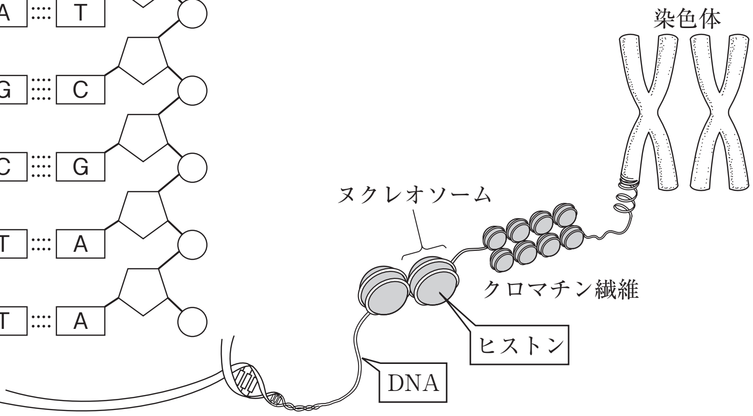


◆二重らせん構造

…DNAは二本のヌクレオチド鎖が塩基間で水素結合を形成し，二重らせん構造を取る。



・塩基の相補性…AT間，CG間で水素結合



◆DNAの研究

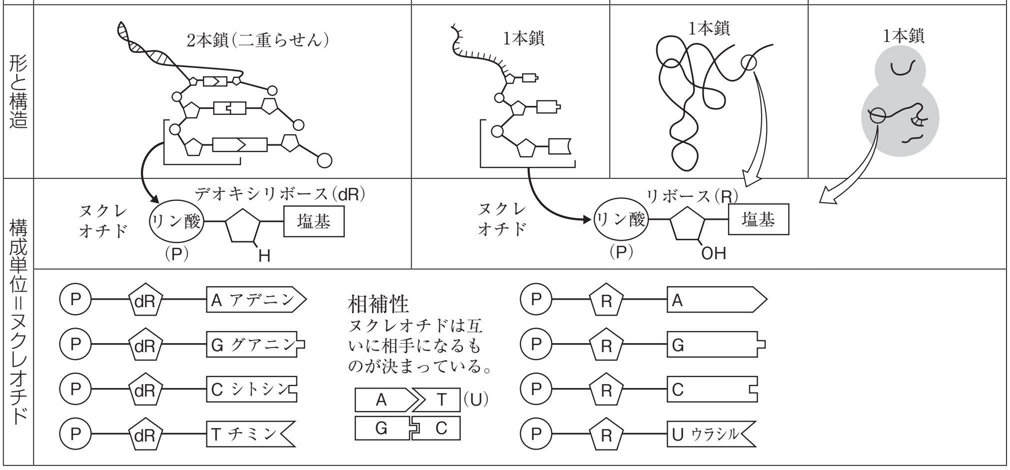
・グリフィス　　　　…　肺炎双球菌を用いて，形質転換を確認
・エイブリー　　　　…　形質転換の原因物質がDNAであることを実証
・ハーシー＆チェイス…　バクテリオファージを用いて，遺伝子の本体がDNAであることを証明
・ワトソン＆クリック…　DNAの二重らせん構造を提唱
・シャルガフ　　　　…　DNAの化学的組成分析（二本鎖におけるA＝T，G＝C）
・ウィルキンス＆フランクリン　…　DNAのX線回折分析

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

◆RNA

…細胞内に存在する核酸の一種。遺伝子の発現において，DNAとタンパク質の間の遺伝情報を媒介する働きを持つ。DNAとはヌクレオチドを構成する糖と塩基が異なり，その働きに応じて3種類のRNAに分けられる。

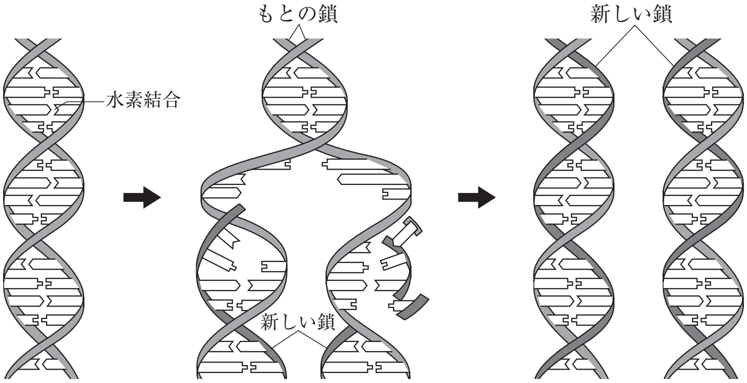
	DNA　デオキシリボ核酸	RNA　リボ核酸		
		伝令RNA **mRNA**	運搬RNA **tRNA**	リボソームRNA **rRNA**
所在	・核内に多量に存在 ・ミトコンドリア・葉緑体にも独自に存在	・核で合成され細胞質へ移動	・核で合成され細胞質へ移動	・核で合成されてリボソームの成分となる。
構造	・二重らせん構造（2本鎖） ・塩基対数（ヒト1本のDNA）1億 ・分子量　10^6〜10^9	・1本鎖 ・塩基数　10^3〜10^4 ・分子量　10^5〜10^6	・1本鎖　・約50種類 ・塩基数　約73〜93 ・分子量　25000〜30000	・1本鎖 ・塩基数　120〜3000 ・分子量　4×10^4〜10^6
働き	・遺伝子の本体である。 ・自己複製をして遺伝情報を継承する。 ・タンパク質合成の情報を支配し，形質を発現させる。	・DNAの遺伝情報を転写し，それをタンパク質合成の場であるリボソームへ運ぶ。	・特定のアミノ酸を，mRNAと結合しているリボソームへ運ぶ。	・核内のタンパク質と結合してリボソームとなり，新しいタンパク質合成の場となる。



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

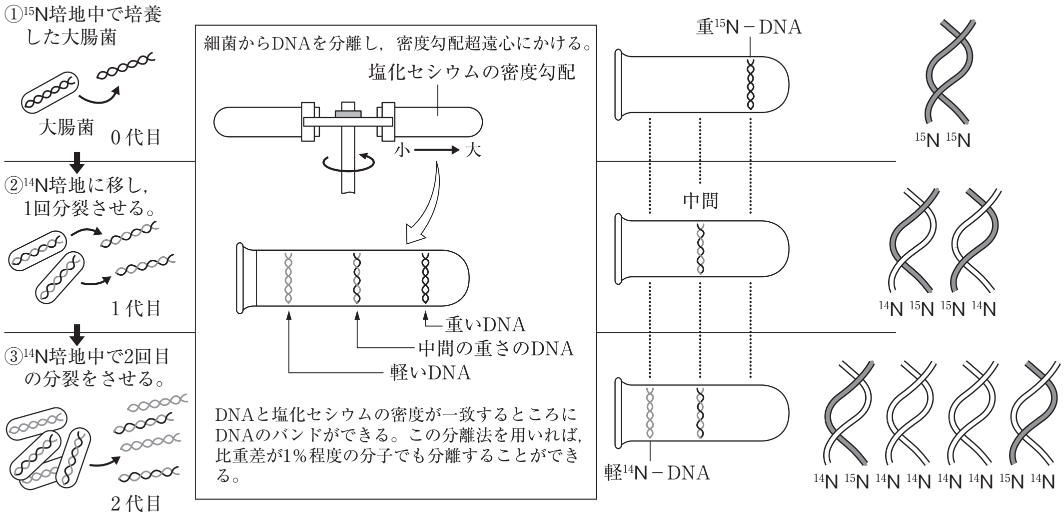
■半保存的複製

…　二重らせんがほどけ，もとの鎖を鋳型として相補的なヌクレオチドが結合していくことで新しい鎖が形成される。



◆メセルソンとスタールの実験

…　メセルソンとスタールは^{15}N培地で育成した大腸菌を^{14}N培地に移して増殖させ，合成されたDNAの比重を密度勾配遠心法で比較することで，半保存的複製を証明した。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　演習問題

遺伝情報に関する以下の設問に答えよ。

問1　DNAに関する次の文章を読み，以下のａ，ｂに答えよ。

DNAはデオキシリボースとリン酸と[1]からなる[2]を構成単位として，[2]が多数つながってできている。DNAの構造で特徴的なのは，[2]がつながった２本の鎖が平行に並び，中央部で[1]同士が弱い結合ではしご状となり，二重らせん構造を形成している点であり，また，２本鎖間での[1]同士の結合に関しては，グアニンは[3]と結合する性質がある。大腸菌の染色体は細胞質に存在し，[4]個のDNA分子から構成されるのに対して，ヒトの染色体は核内に存在し，体細胞核内には[5]個のDNA分子があり，卵や精子にはこの半数のDNA分子が含まれる。

ａ．文章中の[1]～[3]に入るもっとも適切なものを次の①～⑩の中からそれぞれ１つずつ選べ。

①　チミン　　②　シトシン
③　アデニン　　④　リボース
⑤　デオキシリボ核酸　　⑥　リボ核酸
⑦　塩基　　⑧　アデノシン
⑨　ヌクレオチド　　⑩　ATP

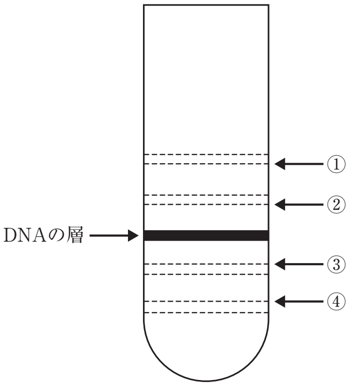
ｂ．文章中の[4]，[5]に入るもっとも適切なものを次の①～⑩の中からそれぞれ１つずつ選べ。

①　0　　②　1　　③　2　　④　3
⑤　4　　⑥　22　　⑦　23　　⑧　44
⑨　46　　⑩　92

問2　DNAの複製に関する次の文章を読み，以下のａ，ｂに答えよ。

DNAが複製されるメカニズムは，メセルソンとスタールによって窒素の同位体^{15}Nを利用して調べられた。彼らと同様の実験を行い，大腸菌を何世代も^{15}Nを含む培地で培養した後に，通常の^{14}Nを含む培地に移して増殖させて分裂するたびにDNAを抽出した。抽出したDNAを用いて塩化セシウム水溶液を利用した密度勾配遠心を行い，その後の遠心管のDNAの層の様子を観察してDNAの比重を調べた。次の図は，^{15}Nを含む培地で培養した大腸菌から抽出されたDNAの密度勾配遠心後の遠心管を横から見た図であり，DNAの層（以降Ｘ層とする）が一つだけ観察された。なお，遠心管の底にいくほど塩化セシウムの濃度が高くなっている。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。



^{15}Nが含まれる培地で培養された大腸菌から抽出したDNAの密度勾配遠心後の遠心管の様子

a．１回分裂後（以降Ｙ層とする）と，２回分裂後（以降Ｚ層とする）にそれぞれ新たに現れると予想できるDNAの層の位置としてもっとも適切なものを図中の①～④の中からそれぞれ１つずつ選べ。ただし，何度分裂を繰り返しても，図に記された以外の位置に新たなDNAの層は現れないものとする。

b．^{14}Nを含む培地に移した後，分裂するたびに密度勾配遠心を行った後のDNAの層の様子を観察すると，Ｘ，Ｙ，Ｚ層と同位置に含まれるDNAの分子数はそれぞれ変化する可能性が考えられる。１回分裂後，２回分裂後，４回分裂後のDNAを調べた遠心管において，３つの層と同位置にそれぞれ含まれているDNAの分子数を比で示すとどのようになるか。１回分裂後はＡ群より，２回分裂後はＢ群より，４回分裂後はＣ群よりもっとも適切なものを①～⑩の中からそれぞれ１つずつ選べ。ただし，比はＸ，Ｙ，Ｚ層と同位置にそれぞれ含まれるDNA分子数の順で表されているものとする。

〔Ａ群〕

①　0：0：1	②　0：1：0	③　1：0：0	④　0：1：1
⑤　1：0：1	⑥　1：1：0	⑦　1：1：1	⑧　1：1：2
⑨　1：2：1	⑩　2：1：1		

〔Ｂ群〕

①　0：1：1	②　1：0：1	③　1：1：0	④　1：1：1
⑤　0：1：2	⑥　0：2：1	⑦　1：2：0	⑧　1：0：2
⑨　2：1：0	⑩　2：0：1		

〔Ｃ群〕

①　0：1：3	②　0：1：4	③　0：1：7	④　0：1：8
⑤　0：1：15	⑥　0：1：16	⑦　1：1：3	⑧　1：1：4
⑨　1：1：7	⑩　1：1：8		

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

問１　次の文章の４ヶ所の（　　　）について，正しいものを１つずつ合計4つ選べ。

染色体とは，細胞の分裂に先立ってDNAの半保存的複製によって生じた遺伝子のセットを，母細胞から娘細胞へと均等に分配するための高度に凝集したパッケージと見なすことができる。ヒトのゲノムは，約30億対の塩基が連結したDNAから形成されており，この中におよそ２～３万個の遺伝子が含まれていると考えられている。DNAは10塩基対で約3.4nmの長さになることを考慮すると，１つの体細胞の核に含まれるDNAすべてをつなぎ合わせると，その長さはおよそ（①　2cm　②　20cm　③　200cm）となる。それに対し太さは約0.002μmなので，DNAは非常に細長い構造である。このような構造のDNAを細胞分裂時にからまることなく娘細胞へと分配するには，DNAを染色体の中に効率よく折りたたむ必要がある。そのため，真核生物の細胞の染色体に含まれるDNAは単体として存在しているのではなく，ヒストンと呼ばれるタンパク質（④　がDNAの周りを取り巻いた　⑤　の周りをDNAが取り巻いた）状態で存在している。これらDNAとタンパク質からなる構造単位は（⑥　ヌクレオチド　⑦　ヌクレオソーム）と呼ばれる。そしてこの構造単位がさらに規則正しく折りたたまれ，より太い繊維構造を形成し，最終的に最も短く束ねられた構造が染色体である。ヒトの中期染色体の多くはX状の形をしており，中央のくびれた部位は動原体と呼ばれ，細胞分裂期には紡錘糸が結合する（図1）。体細胞分裂時に観察される染色体は，すでにDNAの複製を終了しているため，成熟した卵や精子などの生殖細胞と比べ（⑧　１倍　⑨　２倍　⑩　４倍）量のDNAを有することになる。体細胞分裂中期の染色体はその後，縦方向に裂け左右に分離するが，体細胞分裂の後期に細胞の両極へ二分される染色体の領域はそれぞれ姉妹染色分体と呼ばれる。姉妹染色分体は，DNAの半保存的複製の結果生じた全く同じ塩基配列を有した２つのDNAが，それぞれ凝集し動原体の領域で結合したものであるため，体細胞分裂時にそれぞれ一方の姉妹染色分体を受け取った２つの娘細胞は母細胞と全く同じ遺伝情報を引き継ぐことになる（図１）。

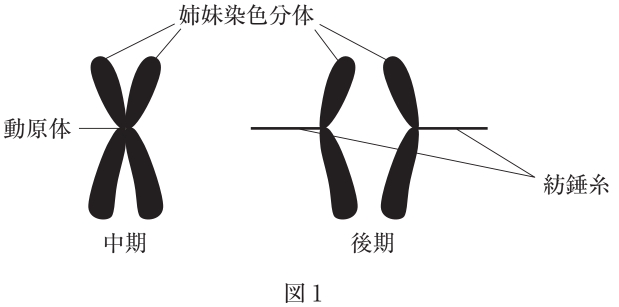
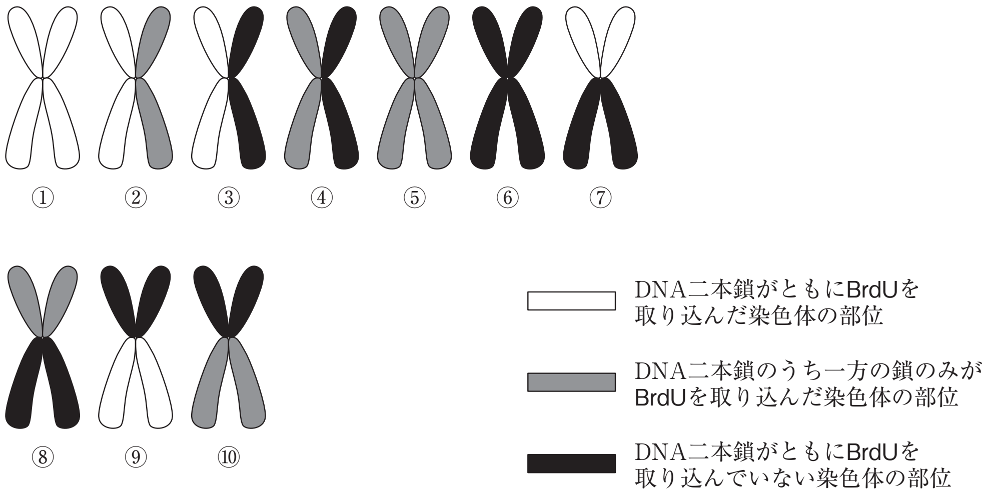


図１

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　ブロモデオキシウリジン（BrdU）はDNAを構成する４つの塩基のうちチミン（T）と構造的に類似した化学物質である。そのため，BrdUを添加した培養液中で細胞の培養を行うと，DNAの複製時にチミン（T）の代わりにBrdUを取り込んだDNA鎖が形成されるので，複製により形成されるDNAの二本鎖は，BrdUを取り込んだ鎖とBrdUを取り込んでいない鎖の二本で構成されることとなる。このDNAの違いはそのままでは区別することができないが，これらの細胞を回収し，スライドガラス上に滴下することにより染色体標本を作製し，特殊な試薬を用いて染色を行うと染め分けることができる。この方法ではBrdUを全く取り込んでいないDNAの二本鎖からなる染色体の部位は濃く染色されるのに対し，DNAの二本鎖のうち片方の鎖のみがBrdUを取り込んだDNAからなる染色体の部位は薄く染色され，DNAの二本鎖がともにBrdUを取り込んだDNAからなる染色体の部位はほとんど染色されない。

ある動物由来の細胞をBrdUを添加した培養液中で24時間培養し，さらにBrdUを含まない培養液中で48時間培養を行なった後に染色体標本を作製し，上記の方法で染色を行った場合，どのようなパターンに染められた染色体が多数観察されると考えられるか。次の①～⑩から２つ選べ。ただしこの細胞の細胞周期（細胞が分裂してから次の分裂を開始するまでの期間）はおよそ24時間であり，またBrdUを取り込んだ細胞の性質はチミン（T）を取り込んだ細胞と全く変わらないものとする。



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜Note＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　演習問題

問１　ａ．１　⑦　　２　⑨　　３　②

　　　ｂ．４　②　　５　⑨

問２　ａ．一回分裂後　②　　二回分裂後　①

　　　ｂ．一回分裂後　②　　二回分裂後　①　　四回分裂後　③

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

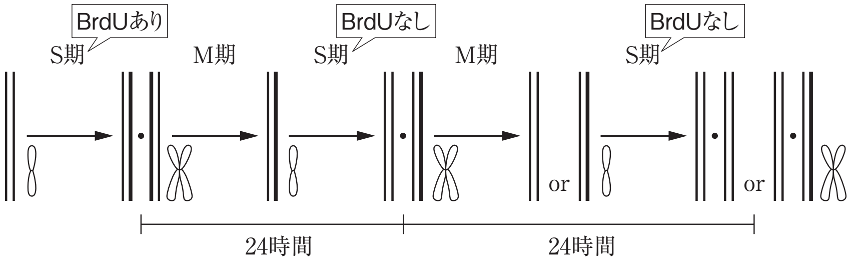
問１　③，⑤，⑦，⑩

問２　④，⑥

【解説】

問１　ゲノムとは，生物が生きていくために必要な遺伝情報の１セットを指し，一般的な体細胞の核内にはゲノムが２セット存在する。ゆえに，ヒトの体細胞の核に含まれるDNAは２ゲノム分，おおよそ60億塩基対からなると考えられ，その長さは$6.0\times10^{9}\times\frac{1}{10}\times3.4\,\mathrm{nm}=2.04\,\mathrm{m}$となる。③の200 cmが正しい。原核生物のDNAは環状で細胞質に散在しているのに対して，真核生物のDNAは核内に存在し，線状でタンパク質であるヒストンの周りを１周半程度取り巻いてヌクレオソームを形成している。このヌクレオソームがさらに凝集していくと，細胞分裂時に見られる太い染色体となる。ゆえに，⑤，⑦が正しい。体細胞においてDNA合成期を経た後の細胞内のDNA量を４とすると，減数第一分裂で二価染色体が対合面で二分，減数第二分裂で各染色体が縦裂面で二分されるため，減数分裂後の生殖細胞におけるDNA量は１となる。ゆえに⑩が正しい。

問２　DNAは半保存的に複製される。最初の24時間はBrdUを添加した培養液で培養するため，24時間後に見られる縦裂した染色体の染色分体は，ともに，一方の鎖のみがBrdUを取り込んだDNA二本鎖で構成される。その後BrdU を含まない培養液で24時間培養を行うと，培養した後に見られる縦裂した染色体では，一方の染色分体はともにBrdUを取り込んでいないDNA二本鎖で，もう一方の染色分体は一方の鎖のみがBrdUを取り込んだDNA二本鎖で構成される。さらに24時間培養した後に見られる縦裂した染色体は，前者の染色分体に由来する場合は，どちらの染色分体もともにBrdUを取り込んでいないDNA二本鎖で構成されており，後者の染色分体に由来する場合は，一方の染色分体はともにBrdUを取り込んでいないDNA二本鎖で，もう一方の染色分体は一方の鎖のみがBrdUを取り込んだDNA二本鎖で構成される。ゆえに④と⑥が正解となる。



┃：BrdUを含まないヌクレオチド鎖，　▌：BrdUを取り込んだヌクレオチド鎖

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。